

Perhitungan Rerating Motor Induksi Akibat Tegangan Tidak Seimbang Dengan Metode William

Darmansyah

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning
Jln. Yos Sudarso km 8 Rumbai Pekanbaru, telp/fax (0761)52324
e-mail: darmansyah_72@yahoo.co.id

Abstrak

Motor induksi tiga fasa merupakan salah satu motor listrik yang dalam operasinya membutuhkan suplai tegangan listrik tiga fasa yang seimbang untuk beroperasi optimal. Tegangan suplai tiga fasa yang tidak seimbang dapat mengurangi rating dari motor induksi tiga fasa pada saat beroperasi.

Untuk menghitung kembali daya output motor induksi tiga fasa akibat tegangan suplai tiga fasa yang tidak seimbang dilakukan dengan menggunakan metode William. Tegangan tiga fasa tidak seimbang diperoleh dengan simulasi. Simulasi yang digunakan adalah simulasi Monte Carlo untuk mempresentasikan kondisi motor induksi tiga fasa dengan tegangan masuk ke stator tidak seimbang menggunakan software MATLAB 7.

Hasil perhitungan menunjukkan adanya pengaruh tegangan masuk tidak seimbang dengan faktor ketidakseimbangan tegangan 0.76% – 8.41% terhadap rating motor induksi tiga fasa yang dapat dilihat berupa adanya penurunan daya rating motor induksi tiga fasa 10 hp menjadi 9.45 hp – 4.03 hp.

Kata kunci: rerating, simulasi Monte Carlo, Metode William

Abstract

Three-phase induction motor is one of the electric motor is in operation requires three-phase supply voltage is balanced to operate optimally. Three-phase supply voltages are unbalanced can reduce the rating of the three-phase induction motor during operation.

To calculate the rerating three-phase induction motor output due to supply voltage three-phase unbalanced done using the method of William. Unbalanced three-phase voltage obtained by simulation. Simulation is used Monte Carlo simulations to present three-phase induction motor condition with input voltages to the stator is unbalanced using the software MATLAB 7.

The results of calculations show the influence of unbalanced input voltage by a factor of 0.76% voltage imbalance – 8.41% of a three-phase induction motor rating can be seen in the form of a decrease in the power rating of three-phase induction motor 10 hp to 9.45 – 4.03 hp.

Keywords: rerating, Monte Carlo simulation, Method of William

1. Pendahuluan

Motor induksi tiga fasa merupakan motor listrik arus bolak balik yang banyak digunakan pada dunia industri sebagai motor penggerak. Karena pemakaian yang cukup banyak, untuk itu diperlukan perhitungan rerating dari motor induksi tiga fasa jika beroperasi dengan tegangan masuk tidak seimbang ke stator.

Untuk melihat pengaruh tegangan suplai tiga fasa yang tidak seimbang terhadap daya rating motor induksi tiga fasa maka digunakan perhitungan dengan menggunakan metode William sehingga diperoleh rating motor induksi tiga fasa saat beroperasi dengan tegangan masuk tidak seimbang. Tegangan masuk tidak seimbang ke stator diperoleh menggunakan bantuan simulasi Monte Carlo dengan software MATLAB 7. Analisis komponen simetris motor induksi tiga fasa dengan tegangan masuk tidak seimbang akan diperoleh komponen simetris urutan positif dan komponen simetris urutan negatif secara bersamaan.

Dari penjelasan latar belakang di atas dapat dirumuskan masalah yang akan dibahas dalam makalah ini adalah :

- Menghitung dan menganalisis pengaruh tegangan tidak seimbang terhadap rating motor induksi tiga fasa yang beroperasi dengan tegangan masuk tidak seimbang ke stator menggunakan bantuan simulasi Monte Carlo menggunakan program MATLAB 7.
- Perhitungan rerating motor induksi tiga fasa dengan menggunakan metode William.

Untuk mempersempit ruang lingkup penulisan, maka digunakan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Analisis operasi motor induksi tiga fasa tegangan masuk tidak seimbang ke stator dilakukan pada motor induksi tiga fasa rotor sangkar dengan belitan stator terhubung bintang (Y) dengan daya 10 hp, tegangan 400 V(L-L), atau tegangan per fasa 220 V .
2. Simulasi tegangan masuk ke stator yang tidak seimbang dilakukan pada motor induksi tiga fasa rotor sangkar dengan belitan stator terhubung bintang (Y) dengan simulasi Monte Carlo menggunakan software MATLAB 7.
3. Data ketidakseimbangan tegangan tiga fasa yang dipakai adalah ketidakseimbangan magnitude tegangan masing-masing fasa dengan nilai adalah $220\text{ V} \pm 5\% \times 220\text{ V}$ dan ketidakseimbangan sudut fasa dengan nilai adalah sudut fasa $\pm 5\% \times$ sudut fasa menggunakan standar IEC.
4. Parameter-parameter motor induksi tiga fasa dalam analisis dianggap konstan yang digunakan adalah :
 - a. $f = 50\text{ Hz}$
 - b. $R_1 = 0.7384\text{ ohm/fasa}$
 - c. $R_2 = 0.7402\text{ ohm/fasa}$
 - d. $X_1 = 0.9561\text{ ohm/fasa}$
 - e. $X_2 = 0.9561\text{ ohm/fasa}$
 - f. slip $s = 0.04$
 - g. $I_r = 15\text{ A}$

2. Metode Riset

Pembahasan operasi motor induksi tiga fasa dengan tegangan masuk tidak seimbang ke stator dilakukan dalam bentuk simulasi dengan simulasi Monte Carlo menggunakan software MATLAB 7 dan menghitung rerating motor induksi dengan menggunakan metode William. Simulasi Monte Carlo (SMC) adalah suatu teknik stokastik yang digunakan untuk memecahkan permasalahan matematika. Metoda Monte Carlo menyediakan penyelesaian hampiran kepada bermacam permasalahan matematis dengan melaksanakan sampling statistik percobaan-percobaan. Mereka dapat dengan bebas digambarkan sebagai metoda-metoda simulasi statistik, di mana simulasi statistik digambarkan di dalam suku umum untuk menjadi setiap metoda bahwa menggunakan urutan-urutan dari angka-angka yang acak untuk melaksanakan simulasi. Jadi dengan demikian metoda Monte Carlo adalah suatu koleksi dari metoda-metoda yang berbeda bahwa semua pada dasarnya melaksanakan proses yang sama. Didalam penelitian ini simulasi Monte Carlo digunakan untuk menentukan data tegangan masuk tidak seimbang ke stator secara random/acak dengan program MATLAB 7. Data ini yang digunakan untuk menghitung rerating motor induksi tiga fasa dengan menggunakan Metode William .[1] [3]

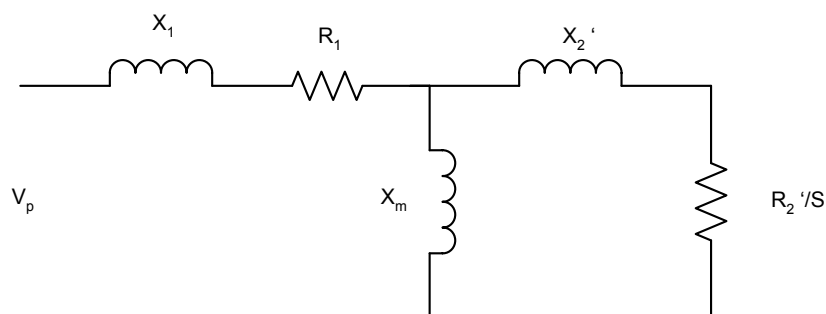
$$\text{Metode William dirumuskan : } R_{erating} = \sqrt{\left(1 - \frac{I_n}{I_r}\right)^2} \times \text{Rating name plate} \quad (1)$$

Rangkaian Ekuivalen Urutan Positif

Faktor ketidakseimbangan tegangan menurut IEC dirumuskan :

$$\% \text{faktor ketidakseimbangan tegangan} = \frac{V_n}{V_p} \times 100\% \quad (2)$$

Bila ada tegangan urutan positif maka gambar ekuivalen urutan positif dari motor induksi adalah seperti gambar berikut :



Gambar 1. Rangkaian ekuivalen urutan positif

Tegangan urutan positifnya adalah :

$$V_p = \frac{1}{3} (V_a + aV_b + a^2V_c) \quad (3)$$

Arus urutan positifnya adalah : [1] [2] [3]

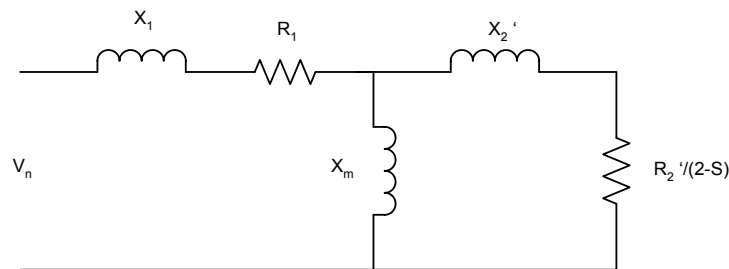
$$I_p = \frac{V_p}{\sqrt{\left[R_1 + \left(\frac{R_2'}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2')^2 \right]}} \quad (4)$$

Rangkaian Ekuivalen Urutan Negatif

Karakteristik motor induksi untuk tegangan masuk negatif dapat diperoleh dari karakteristik urutan positif dengan hanya memasukkan harga slip urutan negatif dari motor induksi tersebut. Bila s slip urutan positif dan s_2 slip urutan negatif maka :

$$s_2 = 2 - s \quad (5)$$

Jadi gambar rangkaian ekuivalen urutan negatif untuk tegangan masuk urutan negatif dapat digambarkan seperti dibawah ini :



Gambar 2. Rangkaian ekuivalen urutan negatif

Tegangan urutan negatifnya adalah :

$$V_n = \frac{1}{3} (V_a + a^2V_b + aV_c) \quad (6)$$

Arus urutan negatifnya adalah :

$$I_n = \frac{V_n}{\sqrt{\left[\frac{R_1 + R_2'}{2-s} \right]^2 + (X_1 + X_2')^2}} \quad (7)$$

Dimana :

- V_p = tegangan urutan positif (V)
 - V_n = tegangan urutan negatif (V)
 - I_p = arus urutan positif (A)
 - I_n = arus urutan negatif (A)
 - I_r = arus rating motor (A)
 - x_1 = reaktansi stator (ohm)
 - $x_2' = a^2 x_2$ = reaktansi rotor dilihat dari sisi stator (ohm)
 - R_1 = resistansi stator (ohm)
 - R_2 = resistansi rotor (ohm)
 - $R_2' = a^2 R_2$ = resistansi rotor dilihat dari sisi stator (ohm)
 - s = slip
 - a = perbandingan antara belitan stator dan belitan rotor
- [1] [2] [3] [4] [5]

3. Hasil dan Analisis

3.1. Hasil Perhitungan

Perhitungan kondisi operasi motor induksi tiga fasa tegangan masuk tidak seimbang ke stator dengan simulasi Monte Carlo menggunakan program MATLAB 7 dan perhitungan rerating dengan metode William dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Tegangan masuk tidak seimbang ke stator

Perhitungan rerating Motor Induksi dengan menggunakan metode William

Tegangan masuk tidak Seimbang Acak :

No	Va(V)	(^o)	Vb(V)	(^o)	Vc(V)	(^o)
1	222.886	0.000	226.223	-119.909	217.948	120.092
2	216.812	0.000	224.263	-120.250	223.672	122.707
3	230.934	0.000	209.216	-110.951	229.542	127.666
4	213.932	0.000	227.551	-123.525	226.841	120.765
5	223.354	0.000	229.291	-121.213	219.660	112.850
6	222.310	0.000	225.961	-108.875	225.648	118.893
7	217.519	0.000	209.939	-130.985	218.175	118.270
8	212.128	0.000	217.320	-108.649	230.379	131.185
9	209.553	0.000	224.495	-127.459	230.735	122.881
10	218.264	0.000	225.049	-115.989	228.011	124.689

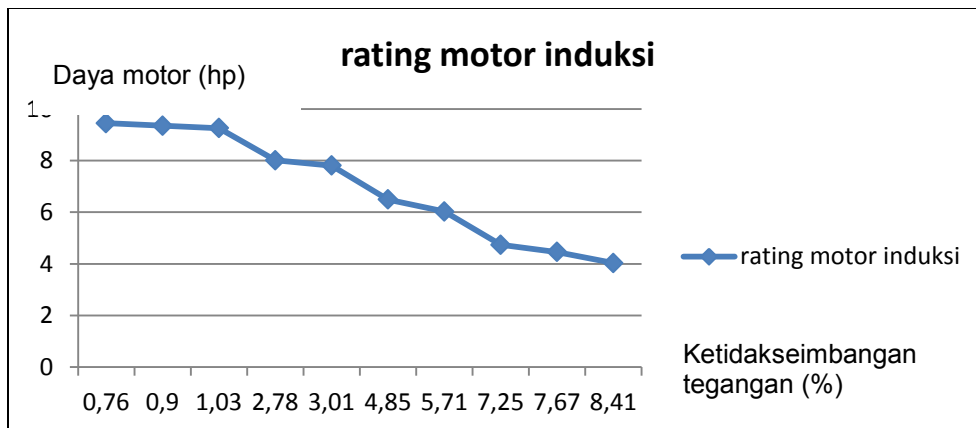
Tabel 2. Data motor induksi fasa tiga tegangan masuk tidak seimbang ke stator

Data Kinerja Motor Induksi pada tegangan tidak seimbang :

No	Vp(V)	Vn(V)	Ip(A)	In(A)	T(N.m)	UVF	Rerat(hp)
1	222.35	2.29	11.50	1.11	46.72	1.03	9.26
2	221.52	1.68	11.46	0.82	46.37	0.76	9.45
3	222.69	17.08	11.52	8.31	46.37	7.67	4.46
4	222.65	2.00	11.51	0.97	46.84	0.90	9.35
5	223.77	10.84	11.57	5.27	47.12	4.85	6.49
6	223.59	16.22	11.56	7.89	46.80	7.25	4.74
7	214.46	12.24	11.09	5.95	43.21	5.71	6.03
8	219.02	18.41	11.33	8.96	44.75	8.41	4.03
9	220.94	6.14	11.43	2.99	46.07	2.78	8.01
10	223.63	6.74	11.56	3.28	47.19	3.01	7.81

3.2. Analisis hasil perhitungan

Dari hasil perhitungan dengan program MATLAB 7 diperoleh rerating motor induksi tiga fasa untuk tegangan tidak seimbang pada gambar 3 berikut :



Gambar 3. Hasil perhitungan rerating motor induksi tiga fasa akibat tegangan tidak seimbang

Dari grafik diatas menunjukkan ketidakseimbangan tegangan dengan nilai faktor ketidakseimbangan tegangan 0.76% - 8.41% akan menurunkan daya/rating motor induksi tiga fasa 10 hp menjadi sebesar 9.45 hp – 4.03 hp.

4. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Ketidakseimbangan tegangan dengan nilai faktor ketidakseimbangan tegangan 0.76% - 8.41% akan menurunkan daya/rating motor induksi tiga fasa 10 hp menjadi sebesar 9.45 hp – 4.03 hp.
- Jika motor induksi tiga fasa beroperasi dengan tegangan tidak seimbang harus dilakukan perhitungan rerating sehingga didapat daya motor saat tegangan masuk tidak seimbang dan motor induksi tidak terjadi beban lebih.

Referensi:

Jurnal:

- [1] C S Indulkar, Monte Carlo Analysis of a Three-phase Induction Motor for Unbalanced Voltage Supply , IE (I) Journal-EL ,March 2007, vol 87
- [2] Kanwarjit Singh Sandhu , Vineet Chaudhary , Steady State Modelling of Induction Motor Operating With Unbalanced Supply System, Wseas Transactions on Circuits And Systems, February 2009, Vol 8
- [3] P Pillay, P Hofmann , M Manyage, Derating of Induction Motors Operating with a Combination of Unbalanced Voltages and Over or Undervoltages, IEEE Transactions on Energy Conversion, vol 17, December 2002, pp 485-491.

Textbooks:

- [4] BL Theraja, AK Theraja, Text book of Electrical Technology Revised Edition, S Chand Company, New Delhi, 2002 : pages
- [5] C.F,Wagner and RD Evans, Symmetrical Components , RE Krieger Publication , Florida,1933